



Найда А. М.

ВИПРОБУВАННЯ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДНИХ ТРУБ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ОРІЄНТАЦІЇ ЩОДО ОПТИМАЛЬНОГО СТУПЕНЯ ВИТЯЖКИ

Досліджено, яким чином розподіляються сигнали акустичної емісії при проведенні гідровипробовування труб з непластифікованого полівінілхлориду і труб з непластифікованого полівінілхлориду, отриманих методом орієнтування з різними товщинами і ступенями витяжки. Показано ефективність застосування способу акустичної емісії для визначення оптимальної ступені витяжки труб з непластифікованого полівінілхлориду, отриманих методом орієнтування.

Ключові слова: труба, непластифікований полівінілхлорид, метод орієнтування, акустична емісія, ступінь витяжки, температура.

1. Вступ

Деякі десятиліття системи внутрішньої і зовнішньої водопровідної системи монтувались із сталевих оцинкованих труб. Сьогодні їх вивірено витісняють полімерні труби, зокрема труби із непластифікованого полівінілхлориду (НПВХ). В даний час найкращим шляхом вирішення проблеми є напрям випуску труб ПВХ з молекулярною орієнтацією або труби з орієнтованого ПВХ (ПВХ-О).

Труби з орієнтованого ПВХ — найдосконаліші труби для транспортування води під тиском, які на сьогоднішній день доступні на ринку. Беручи до уваги, що ПВХ-О проявляє виняткову втомну міцність і дуже хорошу хімічну стійкість, подібно до традиційного ПВХ, що не буде перебільшенням сказати, що цей тип труб здатний витримувати роботу під тиском більше сотні років.

ПВХ-О труби стійкі до удару. Завдяки цій якості при падінні труби або в результаті падіння на неї каменя в процесі монтажу або при випробуванні руйнування труби не відбувається.

Крім того, молекулярна орієнтація запобігає поширенню тріщин і подрапин і виключає небезпеку швидкого поширення тріщини. Як результат — помітне збільшення терміну служби труб.

На підставі всього цього можна говорити про те, що ПВХ-О труби є найкращим рішенням для застосування в мережах водопостачання, що працюють під високим і середнім тиском, в зрошувальних системах, системах пожежогасіння та насосних системах, а також в інших областях. Це є майбутнє водопровідного транспорту України.

Актуальність роботи полягає в запровадженні своєї вітчизняної технології отримання ПВХ-О труб з оптимальною ступенню витяжки, що дозволить суттєво зменшити витрати на їх виробництво при одночасному покращенні фізико-механічних характеристик порівняно з традиційною технологією отримання труб з НПВХ.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є труба з НПВХ зовнішнім діаметром 90 мм з товщиною стінки 3,5 мм (з якої

потім робили труби ПВХ-О 110*2,9 мм; 125*2,5 мм; 140*2 мм). Дана труба має характеристики, вказані в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика труби з НПВХ зовнішнім діаметром 90 мм з товщиною стінки 3,5 мм

| № | Назва показника | Значення показника |
|---|--|--|
| 1 | Опір удару падаючого вантажу, кількість зруйнованих зразків (показник TIR), %, не більше | 10 при $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ глибина тріщин не більше 20 % товщини стінки |
| 2 | Відносне подовження труб при розриві, %, не менше | 25 |
| 3 | Межа текучості при розтягу, МПа, не менше | 44,1 |
| 4 | Зміна довжини труб після прогрівання при температурі $(150 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом не менше 15 хв, %, не більше | 5 |
| 5 | Температура розм'якшення за Віка, $^\circ\text{C}$, не менше | 80 |
| 6 | Стійкість до дії дихлоретану при температурі $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ протягом не менше 30 хв | Без змін зовнішнього вигляду зразків, глибина тріщин не більше 20 % товщини стінки |

Характерним недоліком труби НПВХ є її дороговизна. З вищеописаної труби методом орієнтування необхідно отримати трубу з меншою товщиною стінки, а отже і значно дешевшу, але з параметрами, які повинні бути не меншими, не гіршими за параметри труби, вказані в табл. 1. Слід дослідити оптимальну ступінь витяжки труби з НПВХ для отримання методом орієнтування трубу з ПВХ-О, що буде виконуватись методом акустичної емісії.

3. Мета та задачі досліджень

Мета роботи — експериментально перевірити факт збільшення міцності труб з ПВХ-О шляхом збільшення ступеней витяжки і знаходження їх оптимальних параметрів.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі.

1. Визначити значення параметрів сигналів акустичної емісії при гідровипробовуванні труб з НПВХ і ПВХ-О труб.

2. На основі аналізу отриманих сигналів визначити оптимальну ступінь витяжки ПВХ-О труб.

4. Аналіз літературних даних

Методи визначення характеристик і властивостей труб з полівінілхлориду, викладені в держстандартах [1–4]. Зокрема у роботах [1, 4] наведені методи проведення випробовувань труб з НПВХ, що характеризують їх основні властивості для вітчизняного [1] і європейського [4] виробника. В роботі [2] показаний спосіб визначення кільцевої жорсткості труб з ПВХ. В роботі [3] наведені методи проведення гідравлічних випробовувань труб з НПВХ. В роботі [5] наведені узагальнені дані про природу матеріалу НПВХ, з якого потім роблять труби. В роботі [6] наведені результати досліджень розробки композиційних матеріалів на основі полівінілхлориду. В роботі [7] наведені результати досліджень в області старіння і стабілізації полівінілхлориду. Теоретичні основи з залежностей властивостей і характеристик від вимог до виробів з полівінілхлориду, умов переробки розглянуто в роботі [8] були використані при проведенні досліджень.

Однак відсутня вітчизняна інформація щодо проведення досліджень щодо визначення оптимальних ступенів витяжки ПВХ-О труб. Є ряд досліджень, що проводились закордоном, які висвітлені в статтях [9–12]. Зокрема, у роботі [10] показані лише труби з НПВХ у стандартних каталогах, з повною відсутністю інформації про труби з ПВХ-О, а у роботі [11] досліджувались гідродинамічні характеристики ПВХ-О труб, однак не брались до уваги труби ПВХ-О з різними товщинами стінок, щоб визначити оптимальні параметри труб. В роботі [12] запропоновано узагальнити всі характеристики ПВХ-О труб.

Аналіз вищезгаданих робіт показав, що практично не приділяється увага дослідженню ступеня витяжки труб ПВХ-О, що дозволить їх зробити більш дешевшими і легшими у виробництві.

5. Матеріали та методи дослідження

Розглядаються засоби та методи визначення початку руйнівних процесів ПВХ-О труб методом акустичної емісії.

Обладнання, що застосовувалось при дослідженні:

— портативна восьмиканальна акустично-емісійна система 8КОР-8;

— гідростенд Gotech на 12 каналів (діапазон випробовувань 0–8 МПа).

При підготовці до проведення випробувань зразка було вирішено розташувати вздовж зразка 2 датчика акустичної емісії акустично-емісійної системи 8КОР-8 (рис. 1).

Попередньо змащені мастилом типу ЦІАТИМ робочі частини датчиків акустичної емісії приєднували до зразка за допомогою ізоляційної стрічки. Кожен з датчиків з'єднували із своїм каналом портативної восьмиканальної акустично-емісійної системи 8КОР-8. Оброблений та підсилений сигнал від акустично-емісійної системи 8КОР-8 надходив до персонального комп'ютера (рис. 2), де фіксувався у виді відповідних графіків.



Рис. 1. Установка датчиків акустичної емісії на труби з ПВХ-О і НПВХ

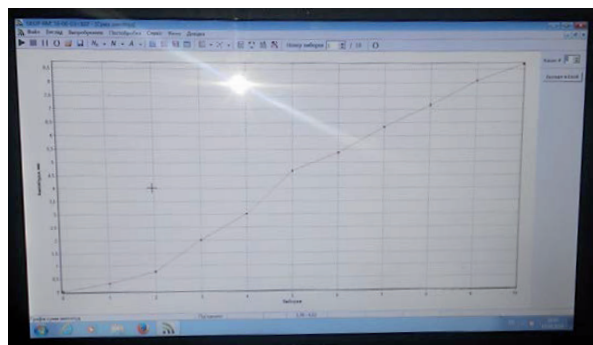


Рис. 2. Фіксація сигналів акустичної емісії на установці акустично-емісійної системи 8КОР-8

Труби, попередньо закритими сферичними заглушками, приєднувались до гідростенду Gotech через напірні шланги, по яких вода з гідростенду попадала в досліджувані труби. Покази тиску, часу випробовування виводились на екран вищевказаного гідростенду (рис. 3).

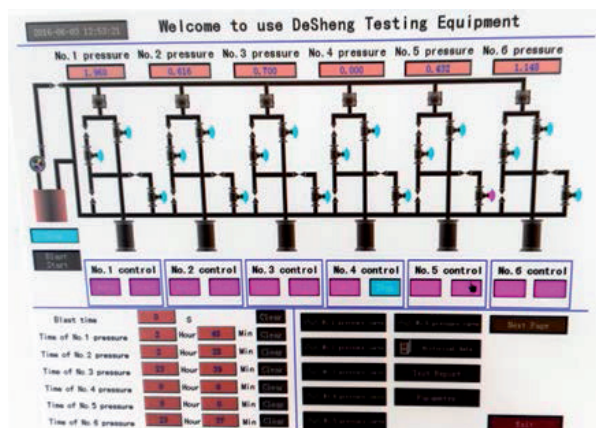


Рис. 3. Покази тиску, часу випробовування на екрані гідростенду Gotech

Для забезпечення безпечного процесу випробовування трубу з датчиками акустичної емісії поміщали у футляр з поліетилену, зовнішнім діаметром 630 мм і товщиною стінки 36 мм.

6. Результати досліджень

При проведенні дослідження всі зрізи труб навантажували внутрішнім гідростатичним тиском 4 МПа і витримувались певний час. На труби кріпились відповідні заглушки і датчики акустичної емісії акустично-емісійної системи 8КОР-8.

Результати випробовування зображені на рис. 4–7.

Аналізи графіків залежностей значень сум рахунків сигналів акустичної емісії і сум емісії амплітуд сигналів акустичної емісії для труби з НПВХ зовнішнім діаметром 90 мм з товщиною стінки 3,5 мм, труб ПВХ-О: 110*2,9 мм, 125*2,5 мм, 140*2 мм наведені в табл. 2, 3.

Отже, згідно табл. 2, 3, видно, що для отримання труби ПВХ-О з труби НПВХ 90*3,5 мм, оптимальним варіантом є труба з ступенем витяжки 1,4, а саме 125*2,5, оскільки вона дозволяє одночасно зменшити товщину стінки на 40 % і мати більший ресурс часу експлуатації до руйнування на 77 %, порівняно з типорозмірними трубами 110*2,9 і 140*2,0, з яких одна має грубішу стінку, що здорожує трубу, а інша має менший ресурс часу експлуатації до руйнування.

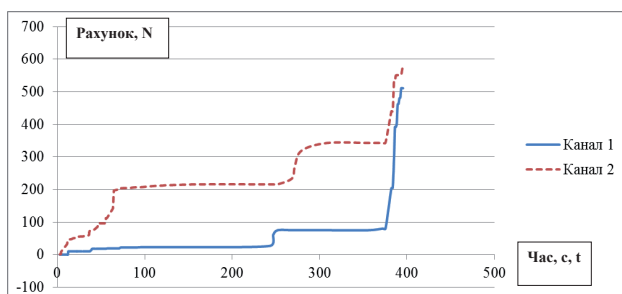


Рис. 4. Графік залежності значень сум рахунків сигналів акустичної емісії для труби з НПВХ зовнішнім діаметром 90 мм з товщиною стінки 3,5 мм

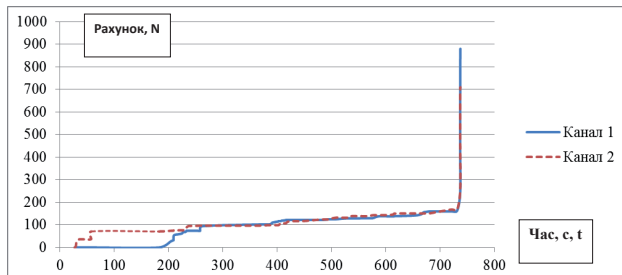


Рис. 5. Графік залежності значень сум рахунків сигналів акустичної емісії для труби з ПВХ-О зовнішнім діаметром 125 мм з товщиною стінки 2,5 мм

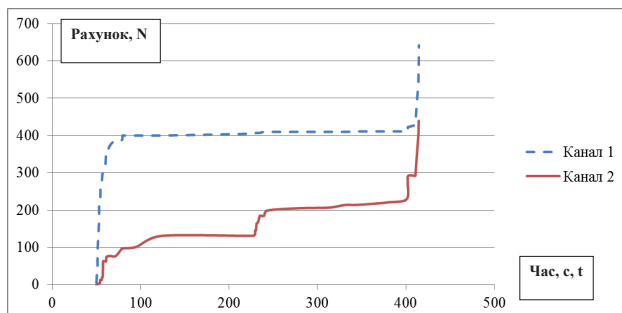


Рис. 6. Графік залежності значень сум рахунків сигналів акустичної емісії для труби з ПВХ-О зовнішнім діаметром 140 мм з товщиною стінки 2,0 мм

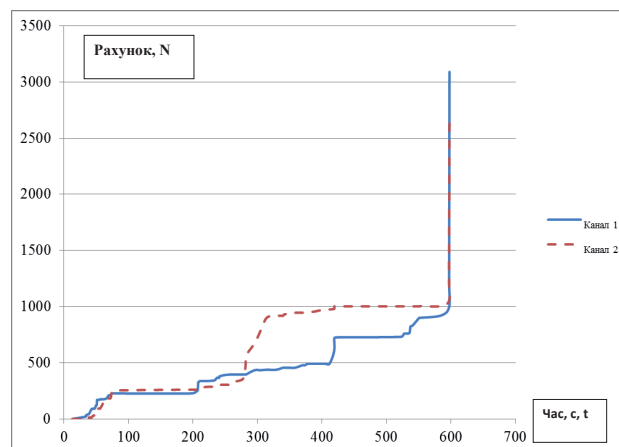


Рис. 7. Графік залежності значень сум рахунків сигналів акустичної емісії для труби з ПВХ-О зовнішнім діаметром 110 мм з товщиною стінки 2,9 мм

Таблиця 2

Аналіз графіків залежностей значень сум рахунків сигналів акустичної емісії

| Назва труби | Час, с | | Підсумковий рахунок | | Тиск, МПа | Ст. витяжки |
|-------------|---------|---------|---------------------|---------|-----------|-------------|
| | Канал 1 | Канал 2 | Канал 1 | Канал 2 | | |
| 90*3,5 | 380 | 380 | 80 | 340 | 4,0 | — |
| 110*2,9 | 597 | 597 | 1000 | 1002 | 4,0 | 1,21 |
| 125*2,5 | 731 | 731 | 180 | 182 | 4,0 | 1,4 |
| 140*2,0 | 412 | 412 | 290 | 430 | 4,0 | 1,75 |

Таблиця 3

Аналіз графіків залежностей значень сум амплітуд сигналів акустичної емісії

| Назва труби | Час, с | | Сума амплітуд мВ | | Тиск, МПа | Ст. витяжки |
|-------------|---------|---------|------------------|---------|-----------|-------------|
| | Канал 1 | Канал 2 | Канал 1 | Канал 2 | | |
| 90*3,5 | 380 | 380 | 35 | 48 | 4,0 | — |
| 110*2,9 | 597 | 597 | 60 | 70 | 4,0 | 1,21 |
| 125*2,5 | 731 | 731 | 42 | 43 | 4,0 | 1,4 |
| 140*2,0 | 412 | 412 | 46 | 46 | 4,0 | 1,75 |

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Труба ПВХ-О з оптимальним ступенем витяжки значно зменшує вартість труби, порівняно з трубою з НПВХ.

Weaknesses. Однак виробництво ПВХ-О труби є досить складним по технологічним параметрам, ніж виробництво ПВХ-О труби.

Opportunities. Надалі слід розпочати виготовлення труб ПВХ-О з можливістю автоматичного регулювання ступеня витяжки, що дозволить зробити їх менш складнішими у виробництві.

Threats. Однак виробництво ПВХ-О труб зараз досить проблематичне, через відсутність належної нормативної вітчизняної бази.

8. Висновки

1. Отримані такі параметри сигналів акустичної емісії, як значення сум рахунків сигналів акустичної

емісії і значення сум амплітуд сигналів акустичної емісії, які вдалось отримати лише шляхом застосування методу акустичної емісії на поверхні ПВХ-О труб.

2. Аналіз параметрів акустичної емісії, а саме значення сум рахунків сигналів акустичної емісії і значення сум амплітуд сигналів акустичної емісії дозволив виявити оптимальну ступінь витяжки труб з ПВХ-О, а саме: для отримання труби ПВХ-О з труби НПВХ 90*3,5 мм, оптимальним варіантом є труба з ступенем витяжки 1,4, а саме 125*2,5, оскільки вона дозволяє одночасно зменшити товщину стінки на 40 % і мати більший ресурс часу експлуатації до руйнування на 77 %, порівняно з типорозмірними трубами 110*2,9 і 140*2,0, з яких одна має грубішу стінку, що здорожує трубу, а інша має менший ресурс часу експлуатації до руйнування.

Література

1. ДСТУ Б.В.2.7-147:2007. Труби з непластифікованого полівинілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови [Текст]. — К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва, 2007. — 88 с.
2. BS EN ISO 9969:1995. Thermoplastics pipes. Determination of ring stiffness [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.3403/00487717>
3. BS EN 744:1996. Plastics piping and ducting systems. Thermoplastics pipes. Test method for resistance to external blows by the round-the-clock method [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.3403/00650491>
4. BS EN 1452-1. Plastics piping systems for water supply. Unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U). General [Electronic resource]. — Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.3403/02151876u>
5. Тугов, И. И. Химия и физика полимеров [Текст] / И. И. Тугов, Г. И. Костыркина. — М.: Химия, 1989. — 432 с.
6. Гузев, В. В. Исследование и разработка композиционных материалов на основе поливинилхлорида [Текст]: дис. ... докт. техн. наук / В. В. Гузев. — Москва, 1979.
7. Минскер, К. С. Достижения и задачи исследований в области старения и стабилизации ПВХ [Текст] / К. С. Минскер, Г. Е. Заиков // Пластические массы. — 2001. — № 4. — С. 27–35.
8. Уилки, Ч. Поливинилхлорид [Текст] / под ред. Ч. Уилки, Дж. Саммерс, Ч. Даниэлс; пер. с англ. Г. Е. Заиков. — СПб.: Профессия, 2007. — 728 с.
9. Володин, В. П. Экструзия пластиковых труб и профилей [Текст] / В. П. Володин. — СПб.: Профессия, 2010. — 240 с.
10. Willoughby, D. A. Plastic Piping [Text] / D. A. Willoughby. — McGraw-Hill Professional, 2009. — 576 p.
11. Ferrante, M. Hydraulic Characterization of PVC-O Pipes by Means of Transient Tests [Text] / M. Ferrante, C. Capponi, B. Brunone, S. Meniconi // Procedia Engineering. — 2015. — Vol. 119. — P. 263–269. doi:10.1016/j.proeng.2015.08.884
12. Robeyns, J. Molecular-oriented PVC (MOPVC) and PVC-U pipes for pressure applications in the water industry [Text] / J. Robeyns, P. Vanspeybroeck // Plastics, Rubber and Composites. — 2005. — Vol. 34, № 7. — P. 318–323. doi:10.1179/174328905x59782

ИСПЫТАНИЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ ТРУБ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ОРИЕНТАЦИИ НА ОПТИМАЛЬНУЮ СТЕПЕНЬ ВЫТЯЖКИ

Исследовано, каким образом распределяются сигналы акустической эмиссии при проведении гидроиспытания труб из непластифицированного поливинилхлорида и труб из непластифицированного поливинилхлорида, полученных методом ориентирования с разными толщинами и степенями вытяжки. Показана эффективность применения способа акустической эмиссии для определения оптимальной степени вытяжки труб из непластифицированного поливинилхлорида, полученных методом ориентирования.

Ключевые слова: труба, непластифицированный поливинилхлорид, метод ориентирования, акустическая эмиссия, степень вытяжки, температура.

Найда Андрій Михайлович, здобувач, кафедра хімічної технології композиційних матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Україна, e-mail: najda@polyplastic.ua.

Найда Андрей Михайлович, соискатель, кафедра химической технологии композиционных материалов, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», Украина.

Naida Andrew, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: najda@polyplastic.ua

УДК 666.768

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.80422

Харыбина Ю. В.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ В СИСТЕМЕ $Al_2O_3-SiO_2-CaO-P_2O_5$

Рассчитаны выходные термодинамические константы: энтальпия ΔH_{298}^0 , энтропия S_{298} , уравнение зависимости теплоемкости от температуры $C_p = f(T)$ для некоторых соединений системы $Al_2O_3-SiO_2-CaO-P_2O_5$, что необходимо для проведения термодинамического анализа фазовых равновесий в указанной системе. Установлена возможность протекания сопряженных реакций, что свидетельствует о перестройке коннод в исследуемой системе.

Ключевые слова: энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, сопряженные реакции, сосуществующие фазы.

1. Введение

Изучение термодинамических характеристик сложных кислородных соединений имеет первоочередное

значение при рассмотрении различных оксидных многокомпонентных систем, являющихся основой для создания огнеупорных материалов, обладающих рядом ценных эксплуатационных характеристик: повышенной проч-